

# UNA ESCAPE-ROOM PARA RECORDAR LA ESTRUCTURA DE AMINOÁCIDOS Y PROTEÍNAS EN LA ASIGNATURA DE BIOQUÍMICA DEL GRADO DE QUÍMICA



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

**Josep J. Centelles\***, Santiago Imperial, Estefanía Moreno, Sandra Pérez-Torras, Pedro R. de Àturi

Departament de Bioquímica i Biomedicina Molecular. Facultat de Química. Universitat de Barcelona. Diagonal 643. 08015-Barcelona, España

\*josepcentelles@ub.edu

## RESUMEN

La asignatura de Bioquímica del grado de Química de la Universidad de Barcelona se trasladó recientemente al séptimo semestre, aunque la Biología se sigue impartiendo en el primer semestre. A pesar de que los conocimientos de Química Orgánica sean superiores a cuando se impartía en el cuarto semestre, esta separación de 5 semestres entre la Biología y la Bioquímica puede implicar que los alumnos no recuerden la estructura de las biomoléculas aprendida en Biología. Por ello, nos planteamos preparar unos ejercicios como recordatorio o autoaprendizaje de las biomoléculas, que podrían ser útiles para los estudiantes de Química.

Los juegos suelen ser muy apreciados por parte del alumnado y la población en general. Durante la pandemia preparamos diversos juegos para los alumnos, clasificados en las categorías: palabras carentes de sílabas o grupos de letras, anagramas y laberintos [1], palabras codificadas [2], palabras encadenadas, juegos del salto de caballo. A partir de estos juegos, y basándonos en una Escape-room desarrollada anteriormente por nuestro grupo de innovación docente (QuiMet) [3], realizamos una Escape-room dedicada a los aminoácidos y proteínas. Utilizando los cuestionarios de Google Drive, se presentan 10 secciones con preguntas dedicadas a la estructura de aminoácidos, estructura primaria, secundaria, supersecundaria, terciaria y cuaternaria de las proteínas, y dominios proteicos. En cada sección se realizaba una pregunta cerrada, cuya respuesta permitía superar la sección y pasar a la siguiente. Las preguntas se basaban en la resolución de un problema del que se solicitaba el resultado final, la visualización de un video donde se solicitaba el tiempo en el que aparecía un determinado aspecto comentado, así como de diversas palabras o frases obtenidas a partir de los juegos que habíamos preparado.

Puesto que el grado de Química en la Universitat de Barcelona es un grado de doble semestralización, los cuestionarios fueron respondidos por los 39 alumnos matriculados en el semestre de otoño y están siendo respondidos ahora por los alumnos del semestre de primavera. Además, se presentaron al final del cuestionario varias preguntas para conocer la satisfacción de los alumnos, que consideraron muy positivamente esta forma de recordar la estructura, jugando al mismo tiempo.

## INTRODUCCIÓN

Una propuesta de educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (en inglés, abreviado como STEM) consiste en fomentar las habilidades de los estudiantes en estas cuatro disciplinas, relacionándolas entre sí para una mejor experiencia educativa [4]. En este sentido, los juegos poseen un gran potencial, motivando a los estudiantes en varios aspectos al mismo tiempo [5]. La gamificación o utilización de juegos en docencia es en general una poderosa estrategia que ha transformado la forma en que interactuamos con el mundo que nos rodea. A través de la aplicación de elementos y dinámicas propias de los juegos en contextos no lúdicos, la gamificación nos invita a participar de manera activa y motivada en diversas actividades, desbloqueando nuestro potencial y llevándonos a alcanzar nuevos niveles de compromiso y logro.

La teoría constructivista se basa en que el aprendizaje ocurre al educar mediante experiencias gozosas. Según esta teoría, el juego es un elemento fundamental para que se consigan logros de aprendizaje significati-

vos. La falta de motivación en clase es uno de los retos más grandes a los que se enfrenta el docente [6] y por ello, hay que buscar nuevas técnicas para estimular al alumno. En esta era digital, donde la atención es un bien escaso y la motivación es clave para el éxito, la gamificación se ha convertido en una herramienta invaluable. Nos desafía, nos entretiene y nos empuja a dar lo mejor de nosotros mismos, brindándonos una experiencia enriquecedora y gratificante.

En nuestro grupo preparamos diversos juegos durante la pandemia, basados en pasatiempos [7, 8, 9, 10, 11]. Estos pasatiempos los clasificamos según el juego en palabras carentes de sílabas o que riman [12, 13], anagramas [1], laberintos [14], métodos usando códigos [2], métodos de encadenar [15]. Asimismo, también realizamos juegos utilizando el salto del caballo [16]. Dado que muchos de los juegos anteriores se basan en encontrar una palabra clave o frase, y puesto que las Escape-room son muy apreciadas como juegos, realizamos algunas con dichos juegos que generan una palabra clave para el aprendizaje de los alumnos. Entre ellas, destacan una en inglés sobre el ciclo de Krebs [3].

---

*En esta era digital, donde la atención es un bien escaso y la motivación es clave para el éxito, la gamificación se ha convertido en una herramienta invaluable.*

---

## OBJETIVOS

Puesto que en el grado de Química de la Universidad de Barcelona el Consejo de Estudios trasladó la asignatura de Bioquímica del cuarto al séptimo semestre curricular, las asignaturas de Biología (que se imparte en el primer semestre) y de Bioquímica (ahora impartida en el séptimo semestre) quedan muy alejadas en el tiempo. Tras 6 semestres de docencia (3 años, si el alumno sigue bien las clases) es difícil que recuerde la nomenclatura que ha aprendido en Biología. Por ello, el objetivo principal de este trabajo consiste en recordarle los aspectos olvidados. Una forma de recordar dichos aspectos consistió en la preparación de una Escape-room sobre la estructura de cada una de las biomoléculas. Aquí nos centramos en una Escape-room dedicada a la estructura de aminoácidos y proteínas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar la Escape-room se efectuó un cuestionario en línea utilizando la aplicación de Google Drive Forms. Google Forms recopila la información de los estudiantes a través de cuestionarios personalizados [17]. Los formularios se pueden distribuir en Secciones y se pueden preparar varios tipos de preguntas: respuesta corta, párrafo, opción múltiple, casillas de verificación, lista desplegable, carga de archivos, escala lineal, cuadrícula de opción múltiple, cuadrícula de casillas de verificación, fecha y hora.

En cada sección se presentaba un juego que podía ser respondido con una palabra, frase o número. Esta respuesta corta (numérica o alfanumérica) se marcaba como obligatoria, y consistía en la palabra clave para poder superar la Sección. En caso de una respuesta numérica (si se solicitaba la resolución de un problema) se tomaba como un valor entre dos números. Por último, el cuestionario terminaba con un test de Likert con preguntas sobre la satisfacción de la tarea.

## RESULTADOS

La Escape-room contenía las 9 Secciones siguientes:

**Sección 1.-** Esta Sección es simplemente una introducción, y contiene unas preguntas iniciales, que no son palabras clave. Entre dichas preguntas se solicita el nombre del alumno, su correo electrónico, el horario en el que empieza el juego, y si desea hacer algún comentario inicial. Todas estas preguntas admiten respuestas abiertas del tipo de respuestas cortas.

**Sección 2.-** Esta Sección se inicia con una pequeña introducción, que explica los aminoácidos más frecuentes que forman parte de las proteínas. Asimismo, se presenta una Figura en la que se muestran los nombres de dichos aminoácidos, distribuidos en los 3 grandes grupos según el carácter de su grupo R (ácidos, neutros y básicos) (Figura 1).

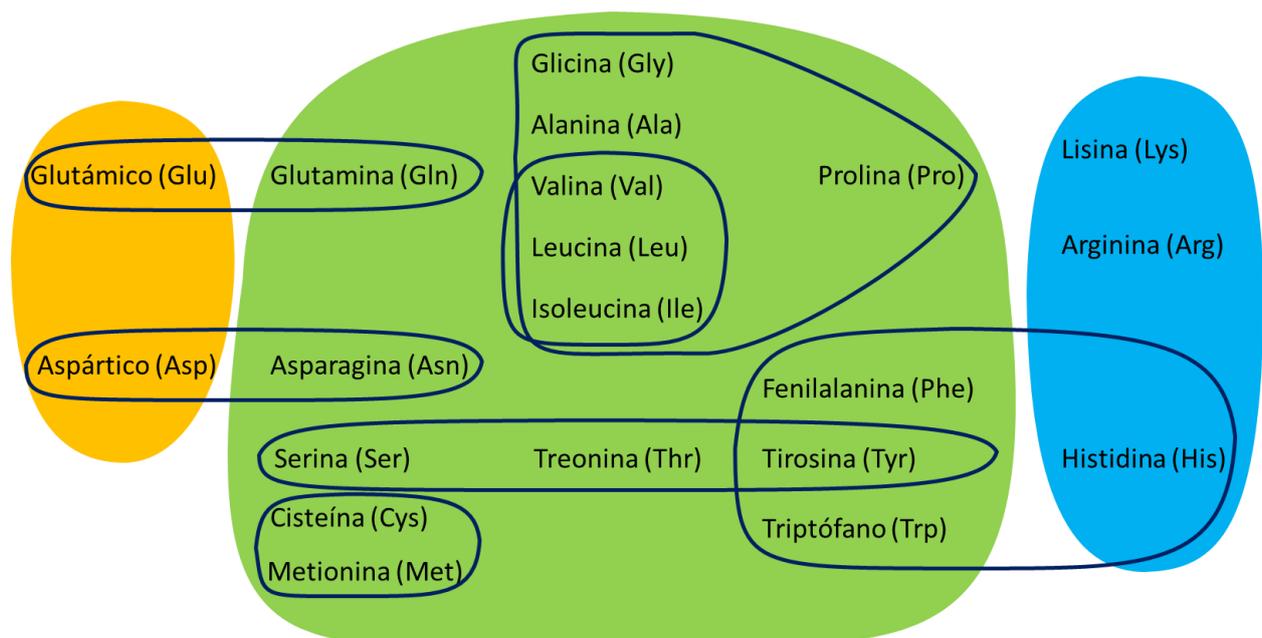


Figura 1.- Clasificación de los aminoácidos que forman parte de las proteínas. Aquí se muestran los aminoácidos con R ácido en el subconjunto amarillo, los aminoácidos con R neutros en el subconjunto verde y los aminoácidos con R básico en el subconjunto azul.

Los aminoácidos poseen una nomenclatura sistemática, pero también se pueden abreviar con 3 letras o con una letra (ver Tabla 1).

Aminoácido	Abreviatura de 3 letras	Abreviatura de 1 letra
Alanina	Ala	A
Arginina	Arg	R
Aspártico	Asp	D
Asparagina	Asn	N
Cisteína	Cys	C
Fenilalanina	Phe	F
Glicina o Glicocola	Gly	G
Glutámico	Glu	E
Glutamina	Gln	Q
Histidina	His	H
Isoleucina	Ile	I
Leucina	Leu	L
Lisina	Lys	K
Metionina	Met	M
Prolina	Pro	P
Serina	Ser	S
Tirosina	Tyr	Y
Treonina	Thr	T
Triptófano	Trp	W
Valina	Val	V

Tabla 1.- Nomenclatura de los 20 aminoácidos más frecuentes en las proteínas, con la nomenclatura de 3 letras y de 1 letra de cada uno de ellos

La respuesta clave a estas preguntas consistía en el número 63323. En efecto, son 6 los aminoácidos con R alifático sin heteroátomos (glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina y prolina). Entre ellos, valina, leucina e isoleucina son los 3 aminoácidos con grupo R alifático ramificado. Los 3 aminoácidos que poseen un grupo alcohol son serina, treonina y tirosina. Los 2 aminoácidos que contienen azufre son cisteína y metionina. Y finalmente, los 3 aminoácidos neutros aromáticos son fenilalanina, tirosina y triptófano. Es cierto que histidina también es un aminoácido aromático. Sin embargo, el imidazol de la histidina posee un carácter básico.

Esta Sección permite que los estudiantes recuerden la estructura de los aminoácidos que vieron en la asignatura de Biología de primer semestre del grado de Química.

**Sección 3.-** La siguiente Sección se dedica a la estructura primaria de las proteínas. Puesto que los aminoácidos poseen un grupo amino y un grupo ácido carboxílico, 2 aminoácidos se pueden unir mediante un enlace amida (en el caso de los aminoácidos el enlace amida se denomina enlace peptídico). Así, el enlace peptídico entre una glicina y una alanina puede dar lugar a 2 posibles péptidos: alaninilglicina o glicinilalanina.

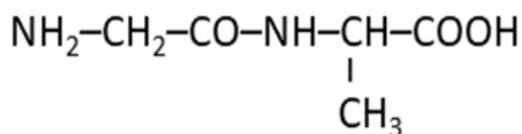
En primer lugar, utilizando una pregunta de casillas con varias opciones, e introduciendo las respuestas: 1, 2, 3, 4, 6, 12 o 15, se preguntaba: ¿cuántos aminoácidos poseen un R ácido? ¿cuántos aminoácidos poseen un R neutro? Y ¿cuántos aminoácidos poseen un R básico? Se esperaba que los alumnos marcaran 2, 15 y 3 respectivamente. Una vez identificados los aminoácidos ácidos, neutros y básicos, nos centramos en los 15 aminoácidos neutros. Se solicitaba una serie de preguntas sobre los aminoácidos neutros, y colocar dichos números uno detrás del otro, para conseguir la palabra clave y poder superar esta primera Sección.

Las preguntas sobre los aminoácidos neutros eran: ¿cuántos aminoácidos poseen un grupo R alifático sin heteroátomos? ¿cuántos tienen un grupo R alifático neutro ramificado? ¿cuántos poseen un grupo R con alcohol? ¿cuántos un grupo R con azufre? ¿cuántos un grupo R aromático?

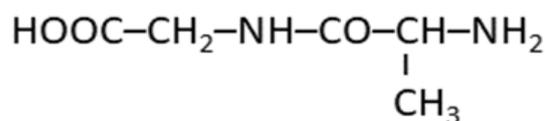
Puesto que en química orgánica el grupo carboxílico posee prioridad frente al grupo amino, el aminoácido que poseerá la terminación en -il será el que aporta el grupo carboxilo al enlace peptídico. Por ello, en un dipéptido se puede definir el aminoácido que posee el grupo N-terminal o amino-terminal (el que termina en -il) y el que posee el C-terminal o carboxi-terminal (el que se nombra al final porque posee el grupo carboxílico libre).

Aquí se muestran 4 opciones de los dipéptidos anteriores, para que el alumno identifique cuáles corresponden al dipéptido glicinil-alanina (Figura 2).

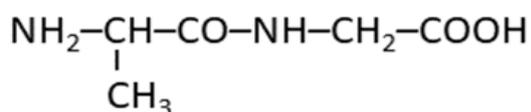
### Opción 1



### Opción 2



### Opción 3



### Opción 4

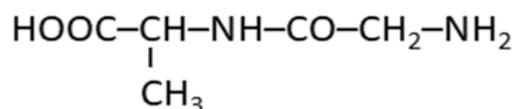


Figura 2.- Las proteínas se nombran desde el N-terminal o amino-terminal hasta el C-terminal o carboxi-terminal. Las opciones 1 y 3 están en el sentido habitual en el que se dibuja la estructura primaria. La glicinil-alanina corresponde a las estructuras de las opciones 1 y 4, mientras que la alanilglicina corresponde a las estructuras de las opciones 2 y 3.

La palabra clave que permitirá el paso a la siguiente Sección es, en este caso: 14, ya que las opciones 1 y 4 son las que corresponden al dipéptido glicinil-alanina.

**Sección 4.-** Esta Sección se basa también en la estructura primaria de las proteínas. Aquí se analizan los diversos métodos de secuenciación de las proteínas. Tal como se ha visto en la Sección anterior, los péptidos o proteínas deben nombrarse desde el N-terminal hasta el C-terminal. Se analizan diversos métodos para secuenciar la estructura primaria de las proteínas. Estos métodos se clasifican en métodos químicos (utilizando reactivos químicos) o métodos enzimáticos (utilizando enzimas). En la Tabla 2 se muestran algunos de estos métodos.

	Reactivo	Lugar de acción
QUÍMICOS:	Bromuro de cianógeno	Lado carboxilo de los residuos de Met
	O-iodobenzoato	Lado carboxilo de los residuos de Trp
	Hidroxilamina	Enlaces Asn-Gly
	2-nitro-5-tiocianobenzoato	Lado amino de los residuos de Cys
	1-Fluoro-2,4-dinitrobenzono (FDNB) (reactivo de Sanger)	Marca el aminoácido N-terminal y lo permite reconocer
	Degradación de Edman	Permite secuenciar cadenas cortas de péptidos
ENZIMÁTICOS:	Tripsina	Lado carboxilo de los residuos de Lys y Arg
	Quimotripsina	Lado carboxilo de los residuos de Phe, Trp, Tyr
	Proteasa de <i>Staphylococcus</i>	Lado carboxilo de los residuos de Asp y Glu (para Glu sólo en algunas condiciones)
	Trombina	Lado carboxilo de los residuos de Tyr, Trp, Phe, Leu y Met
	Carboxipeptidasa A	Lado amino del aminoácido C-terminal (excepto Arg, Lys y Pro)

Tabla 2.- Métodos de secuenciación de la estructura primaria de las proteínas.

Actualmente es más fácil secuenciar la estructura primaria de una cadena proteica, pero al principio se utilizaba la degradación de Edman para secuenciar péptidos sencillos, que se obtenían tras hidrolizar una proteína en dichos fragmentos mediante los diversos métodos de la Tabla 2. El siguiente paso de la secuenciación consistía en analizar los fragmentos y buscar la posible estructura comparando los fragmentos obtenidos mediante métodos de rotura diferentes.

En esta Sección se presenta un problema de secuenciación:

Se desea secuenciar un polipéptido, y por ello se realiza en primer lugar una hidrólisis completa, obteniendo los siguientes aminoácidos y la cantidad correspondiente: A 5, C 2, D 4, E 2, F 1, G 3, H 2, I 3, K 2, L 2, M 2, P 3, R 1, S 2, T 1, V 1, y Y 2. A continuación, el mismo péptido se hace reaccionar con FDNB (1-fluoro-2,4-dinitrobenceno) y se detecta 2,4-nitrofenilglutamato.

Se reducen los enlaces disulfuro (por si hay) y se separan dos muestras del péptido con los enlaces disulfuro reducidos.

La primera muestra se corta con tripsina y se obtienen 4 fragmentos (T1, T2, T3 y T4). Se separan los fragmentos, y mediante la degradación de Edman se determina la secuencia de los fragmentos:

- \* T1: GASMALIK
- \* T2: EGAAYHDFEPIDPR
- \* T3: DCVHSD
- \* T4: YLIACGPMTK

La segunda muestra se corta con bromuro de cianógeno y se obtienen 3 fragmentos (C1, C2 y C3), que una vez separados se secuencian mediante la degradación de

Edman obteniendo:

- \* C1: EGAAYHDFEPIDPRGASM
- \* C2: TKDCVHSD
- \* C3: ALIKYLIACGPM

Con estos datos identificar el péptido y escribir la estructura del péptido, utilizando la nomenclatura de 1 letra de los aminoácidos, como palabra clave para superar la Sección.

A partir de la Tabla 2 se observa que la tripsina rompe en los lados carboxilo de los residuos de lisina (Lys, K) y arginina (Arg, R). El único péptido que no posee R o K a la derecha es el péptido T3, que contiene D (aspártico, Asp). Es decir, que el péptido T3 es el C-terminal. Por otro lado, la fragmentación con bromuro de cianógeno rompe en los lados carboxilo de los residuos de metionina (Met, M). Aquí también se deduce que el C2 es el péptido C-terminal.

Por otro lado, tal como dice el problema, al reaccionar el péptido inicial con FDNB (1-fluoro-2,4-dinitrobenceno) se detecta 2,4-nitrofenilglutamato. A partir de aquí también se deduce que glutamato (Glu, E) es el aminoácido N-terminal. Con ello, se deduce que los fragmentos T2 y C1 son los N-terminales.

A partir de juntar los fragmentos C1-C3-C2 (C1 contiene el amino-terminal y C3 el carboxi-terminal) se obtiene la palabra clave: **EGAAYHDFEPIDPRGASMALIKYLIACGPMTKDCVHSD**. El mismo péptido se obtiene a partir de los fragmentos T2-T1-T4-T3. Es cierto que el orden de los fragmentos centrales podría ser T1-T4 o T4-T1, pero se deduce que el orden correcto es éste, debido al orden obtenido tras la fragmentación con bromuro de cianógeno.

Una de las dudas principales de los alumnos consiste en la hidrólisis completa del péptido, que no genera asparagina (Asn, N) o glutamina (Gln, Q). Puesto que estos dos aminoácidos son las amidas del aspártico o glutámico y mediante una hidrólisis completa se hidrolizan todos los enlaces amida, es lógico que no se observen dichos aminoácidos.

En este problema, sin embargo, estos aminoácidos no forman parte del péptido. Por ello, no hay el problema adicional de confundir asparagina (Asn, N) por aspártico (Asp, D) o glutamina (Gln, Q) por glutámico (Glu, E). Otro aspecto sería si existen puentes disulfuro, ya que hay 2 cisteínas que podrían formar un puente disulfuro. Pero esto no podremos saberlo si no se efectúan otros estudios.

**Sección 5.-** Una vez superada la secuenciación de la estructura primaria entramos en una nueva sección dedicada a la estructura secundaria. El enlace peptídico posee una estructura plana, pero los carbonos alfa pueden girar permitiendo algunos enlaces dependiendo de las interacciones y repulsiones entre grupos. Gopalasamudram Narayana Iyer Ramachandran, un físico hindú nacido en 1922 analizó diversos polipéptidos y observó que algunos ángulos eran posibles y otros no. La palabra clave para superar esta Sección consiste en el apellido del investigador que realizó este estudio: Ramachandran.

**Sección 6.-** Ya dentro de la estructura terciaria, se presenta a los alumnos la página web SCOP (Structural Classification of Proteins) [18], que clasifica las proteínas en:

- \* Proteínas todo alfa
- \* Proteínas todo beta
- \* Proteínas alfa/beta (a/b)
- \* Proteínas alfa y beta (a+b)
- \* Proteínas multidominios (alfa y beta)
- \* Proteínas y péptidos de membrana y superficie celular
- \* Proteínas pequeñas
- \* Proteínas de bovina enrollada (coiled-coil)
- \* Estructuras de proteína de baja resolución
- \* Péptidos
- \* Proteínas diseñadas
- \* Artefactos

Se presenta una introducción sobre las estructuras supersecundarias de las proteínas, y se solicita en esta Sección la numeración Taxid que aparece en esta página para la proteína "todo alfa" mioglobina de foca (Common Seal (Phoca Vitulina)). El número clave solicitado es: 9720.

**Sección 7.-** Prosiguiendo con la estructura terciaria de las proteínas se presenta en la Tabla 3, los puntos isoeléctricos de cada uno de los aminoácidos, y se solicita buscar los aminoácidos apolares. Estos aminoácidos serán los que en una proteína globular se sitúan en la zona hidrofóbica de la proteína, es decir enfocados hacia el interior.

*Tabla 3.- Valores de pK de los 20 aminoácidos más frecuentes de las proteínas. Los aminoácidos apolares de la proteína no poseen un grupo R ácido o básico y se alejarán de la zona acuosa del medio, es decir que se enfocarán hacia el interior de la proteína.*

Aminoácido	MW	pK1 (-COOH)	pK1 (-NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> )	pK1 (-R)	pI
A Alanina	89	2,34	9,69		6,01
C Cisteína	121	1,96	10,28	8,18	5,07
D Aspártico	133	1,88	9,6	3,65	2,77
E Glutámico	147	2,19	9,67	4,25	3,22
F Fenilalanina	165	1,83	9,13		5,48
G Glicina	75	2,34	9,6		5,97
H Histidina	155	1,82	9,17	6	7,59
I Isoleucina	131	2,36	9,68		6,02
K Lisina	146	2,18	8,95	8,95	10,53
L Leucina	131	2,36	9,6		5,98
M Metionina	149	2,28	9,21		5,74
N Asparagina	132	2,02	8,8		5,41
P Prolina	115	1,99	10,96		6,48
Q Glutamina	146	2,17	9,13		5,65
R Arginina	174	2,17	9,04	12,48	10,76
S Serina	105	2,21	9,15		5,68
T Treonina	119	2,11	9,62		5,87
V Valina	117	2,32	9,62		5,97
W Triptófano	204	2,38	9,39		5,89
Y Tirosina	181	2,2	9,11	10,07	5,66

La palabra clave de esta Sección consiste en la nomenclatura de una letra de los aminoácidos apolares, es decir: AFGILMN PQVW.

**Sección 8.-** Finaliza la Escape-room con un juego basado en la amidakuji japonesa, que se centrará en los dominios de las proteínas. La amidakuji es un juego de lotería, que en Asia se presenta en vertical en lugar de horizontal. Por ello, en China se denomina “pata fantasma” y en Corea “subir escaleras”. El juego se basa en la relación entre 2 conjuntos (los individuos y los premios que pueden ganar). Con los premios tapados, cada individuo pinta un par de líneas entre las líneas que llevan a los premios, y escoge una línea para obtener el premio.

En nuestra variación, para llegar al punto final, se debe seguir la línea horizontal hasta que se encuentra una línea vertical, que nos hace cambiar hasta la línea horizontal paralela, y se sigue hasta encontrar otra línea vertical o llegar al extremo de la línea horizontal. Al llegar al final de la línea, para complicar un poco el juego, colocamos dos opciones para que el alumno eligiese la buena (Figura 3).

La palabra clave consiste en las soluciones para cada uno de los números de la izquierda: 1b2b3a4a5a6b.

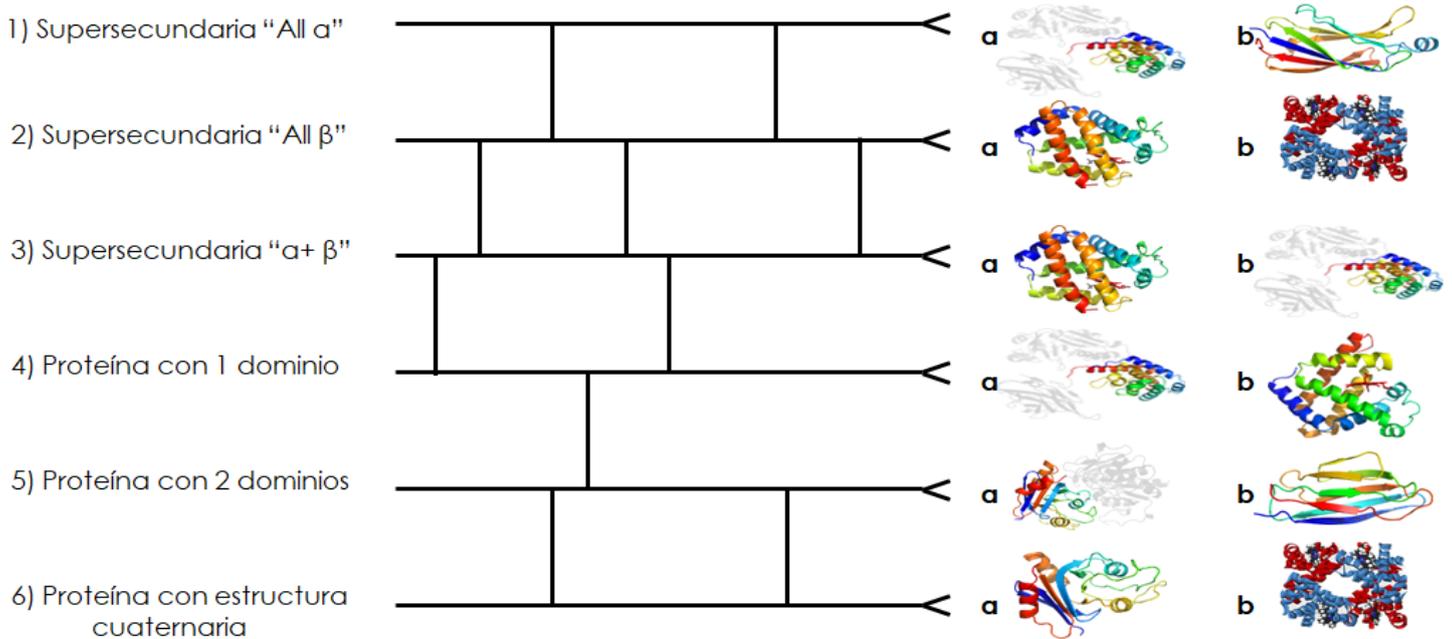


Figura 3.- Amidakuji que relaciona nombres de estructuras (numeradas) con dibujos de estas estructuras (con letras a, b). Siguiendo la línea horizontal se prosigue hasta alcanzar una línea vertical, que obliga a un cambio de línea, y se prosigue del mismo modo hasta llegar al final de una línea. Por ejemplo, la primera línea de la izquier-

**Sección 9.-** En esta Sección se felicita al alumno por haber alcanzado el final de la Escape-room, permitiendo ahora que el alumno pueda responder otras preguntas abiertas, que incluyen valoraciones sobre la Escape-room. Se consulta si le ha gustado, la dificultad que ha encontrado, la utilidad en su aprendizaje, si se ha divertido, si la ha encontrado interesante, y si se ha encallado en algún punto. Tendrá que valorar de 0 a 7 cada uno de estos puntos. Además, se permitirá también una respuesta abierta con los comentarios.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Actualmente, en el grado de Química, la asignatura “Biología” se imparte en el primer semestre, mientras que la asignatura “Bioquímica” se imparte en el séptimo semestre. Esta separación de seis semestres entre ambas asignaturas hace que cuando los alumnos llegan al séptimo semestre recuerden poco lo que aprendieron en Biología. Por ello, consideramos que esta Escape-room, juntamente con otras relacionadas con la estructura de los otros principios inmediatos, pueda resultar muy adecuada como recordatorio y útil para empezar con los estudios de Bioquímica.

Los comentarios de los alumnos en la última Sección de la Escape-room también parecen indicar que esta actividad les ha parecido muy adecuada. Así, algunas de las respuestas dicen: “Es una herramienta para completar nuestros conocimientos”, “En general, la dinámica es buena y los ejercicios más dinámicos e interesantes que en comparación con otros Escape-rooms”. Alguna pregunta les ha parecido demasiado compleja: “quizás la pregunta sobre la estructura primaria es demasiado larga para hacer”, “disminuir dificultad”. Por ello, hemos intentado mejorar algunas de las preguntas.

Referente a la valoración numérica, los resultados obtenidos para todas las preguntas están cerca de 7, que es la puntuación máxima, por lo que parece que ha sido del agrado de los alumnos

Valora si te ha gustado esta Escape-room:  $5,7 \pm 0,3$

Valora la dificultad de esta Escape-room:  $6,3 \pm 0,3$

Valora la utilidad de esta Escape-room:  $5,7 \pm 0,3$

Valora si te has divertido con esta Escape-room:  $5,0 \pm 0,3$

Valora si has encontrado interesante esta Escape-room:  $5,4 \pm 0,4$

¿Te has encallado en esta Escape-room?:  $6,0 \pm 0,4$

Con los comentarios y las valoraciones de los alumnos esperamos mejorar esta innovación docente.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores pertenecemos al grupo de innovación docente consolidado QuiMet (Metabolismo en el Grado de Química) (GINDOC-UB/180) y agradecemos a RIMDA, Universitat de Barcelona, por el reconocimiento de nuestro trabajo. Agradecemos también a RIMDA, Universitat de Barcelona, la financiación de nuestro proyecto “Escape-room de Bioquímica para el autoaprendizaje: hidratos de carbono, aminoácidos, lípidos, enzimas, transportadores y receptores” (2022PMD-UB/020).

## REFERENCIAS

- 1] J.J. Centelles; P.R. de Atauri; E. Moreno (2022). Capítulo 39. Utilización del contexto digital en docencia de Bioquímica: Pasatiempos para aprender la nomenclatura de biomoléculas. Sociedad digital, comunicación y conocimiento: retos para la ciudadanía en un mundo global, 58, 791-809. Coords. Lorena R. Romero Domínguez y Nuria Sánchez Gey Valenzuela. Editorial Dykinson, S.L. ISBN: 978-84-1122-082-8.
- 2] J.J. Centelles; E. Moreno; P.R. de Atauri (2022). Capítulo 38. Juegos de palabras basados en códigos para el autoaprendizaje de la nomenclatura de biomoléculas. Sociedad digital, comunicación y conocimiento: retos para la ciudadanía en un mundo global, 58, 769-790 (2022). Coords. Lorena R. Romero Domínguez y Nuria Sánchez Gey Valenzuela. Editorial Dykinson, S.L. ISBN: 978-84-1122-082-8.
- 3] S. Marin; P.R. de Atauri; E. Moreno; S. Pérez-Torras; J. Farràs; S. Imperial; M. Cascante; J.J. Centelles (2021). An Escape-room about Krebs cycle prepared for chemical students. *International Journal on Engineering, Science and Technology*, 3(2), 155-164. ISSN: 2642-4088
- 4] R. Bybee (2010). Advancing STEM Education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70 (1), pp. 30-35.
- 5] M. Sailer; J.U. Hensen; S. Mayr; H. Mandl (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69, pp. 371-380. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033>
- 6] J. Lee; J. Hammer (2011). Gamifications in education: What, how, why bother? *Academic Exchange Quarterly*, 15, pp. 1-5. [https://www.researchgate.net/publication/258697764\\_Gamification\\_in\\_Education\\_What-How\\_Why\\_Bother](https://www.researchgate.net/publication/258697764_Gamification_in_Education_What-How_Why_Bother)
- 7] Centelles J.J., Imperial S., de Atauri P., Moreno E. (2021). Aprenentatge amb passatemp. Aplicació de l'aprenentatge amb passatemp a un curs de Bioquímica. *Revista del Congrés Internacional de Docència Universitària i Innovació (CIDUI)*, [en línia ISSN-e 2385-6203], Núm. 5, pp. 1-9. (2021). <https://raco.cat/index.php/RevistaCIDUI/article/view/387428>
- 8] Centelles J.J., Imperial S., de Atauri P., Moreno E. (2021). Gamificació en l'assignatura de Bioquímica del grau de Química utilitzant passatemp. 10es JEQC. *La Química davant els reptes actuals*. Col·legi de Químics de Catalunya. pp. 4-12. ISBN: 978-84-124850-3-5
- 9] Centelles J.J., Moreno E. (2022). Capítulo 16. Aplicación de los pasatiempos con palabras en la asignatura de Bioquímica. *Innovación docente y prácticas educativas para una educación de calidad*, *Conocimiento contemporáneo* 47, 315-337. Coord. Carmen Romero García. Editorial Dykinson, S.L. ISBN: 978-84-1377-920-1.
- 10] Moreno E.; Centelles J.J. (2022). Capítulo 17. Juegos sencillos destinados a aprender la nomenclatura de las biomoléculas. *Innovación docente y prácticas educativas para una educación de calidad*, *Conocimiento contemporáneo* 47, 338-364. Coord. Carmen Romero García. Editorial Dykinson, S.L. ISBN: 978-84-1377-920-1.
- 11] Centelles J.J., de Atauri P., Moreno E. (2022). A new way to study biochemistry words by using games. *Proceedings of International Conference on Humanities, Social and Education Sciences* 1, 61-71. Editors: Omid Noroozi and Ismail Sahin. ISBN: 978-1-952092-33-6.
- 12] Centelles J.J., Moreno E., de Atauri P. (2022). Capítulo 23. Pasatiempos para el autoaprendizaje en Bioquímica: Palabras carentes de una sílaba o de un grupo de letras. *Transformación digital docente. La gestión sostenible de las organizaciones educativas*, *Colección Conocimiento Contemporáneo* 72, 427-445. Coords. M<sup>a</sup> Dolores Díaz-Noguera, Carlos Hervás-Gómez, Pedro Román-Graván, María de los Ángeles Domínguez-González. Editorial Dykinson, S.L. ISBN: 978-84-1122-459-8.
- 13] Centelles J.J., Moreno E., de Atauri P. (2023). Refuerzo de conocimientos de Bioquímica aplicando juegos de letras o de palabras sencillos. (Reforç de coneixements de Bioquímica aplicant jocs de lletres o de paraules senzilles). (Biochemistry's knowledge reinforcement by using simple letters' or words' games). *Revista d'Innovació Docent Universitària* 15, 28-41 (2023). RIDU. <http://revistes.ub.edu/index.php/RIDU>. e-ISSN: 2013-2298; ISSN: 2014-1319.
- 14] Centelles J.J., Moreno E., de Atauri P. (2022). Capítulo 8. Juegos de palabras basados en anagramas y laberintos para el autoaprendizaje de la nomenclatura de biomoléculas. El uso de las tecnologías de la información y la comunicación en el aula universitaria como consecuencia del Coronavirus, *Colección Conocimiento Contemporáneo* 70, 158-175. Coords. Jonatán Cruz Ángeles. Editorial Dykinson, S.L. ISBN: 978-84-1122-462-8.
- 15] Centelles J.J., Moreno E., de Atauri P. (2022). Aplicación de la gamificación en Bioquímica: Juegos de palabras encadenadas para aprender los nombres y estructuras de las biomoléculas. (Gamification Application in Biochemistry: Chained Words Games to Learn Biomolecule's Names and Structures). *Revista de Aprendizaje* 8 (2), 1-15. Publicado y Sostenido por Common Ground Research Networks. ISSN: 2575-5544 (versión impresa); ISSN: 2575-5560 (versión electrónica).
- 16] Centelles J.J., Moreno E., de Atauri P. (2023). Capítulo 41. Aplicación de diversas cuadrículas en el juego de salto del caballo para encontrar palabras o frases en la asignatura de Bioquímica del grado de Química. *Viaje didáctico por el cuerpo y la mente: experiencia desde la abstracción científico-matemática a la educación física*, *Colección Conocimiento Contemporáneo*, 819-840. Coords. Bartolomé Pizà Mir, Francisco Tomás González Fernández, Arturo Quilez Maimón, María Ventura Montserrat Montserrat, Vanessa Cunil Monjo. Editorial Dykinson, S.L. ISBN: 978-84-1122-495-6.
- 17] Gavin, B. (2019). The Beginner's Guide to Google Forms. <https://www.howtogeek.com/434570/the-beginners-guide-to-google-forms/>
- 18] Structural Classification of Proteins (SCOP): <http://scop.berkeley.edu>